

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan KSCP
Sidang Akademik 1999/2000

April 2000

ZSC 546/4 - Peranti-Peranti Semikonduktor

Masa : [3 jam]

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab kesemua **EMPAT** soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

$$[q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV.K}^{-1}, n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}]$$

1. (a) Dengan merujuk kepada simpang p-n, jelaskan maksud bagi simpang-simpang mendadak, gred linear dan mendadak satu-sisi.

(15/100)

- (b) Kapasitan simpang bagi suatu simpang p-n diberikan oleh:

$$C_j = \left\{ \frac{q\epsilon_s N_B}{2(V_{bi} - V)} \right\}^{1/2}$$

- (i) Perihalkan dengan konsep mudah bagaimana C_j dapat diukur.

(10/100)

- (ii) Apakah jenis cas yang terlibat dalam menentukan nilai C_j di atas. Kenapa cas ini sahaja diambilkira dalam penentuan ini.

(5/1000)

- (iii) Bagaimana N_B dan V_{bi} dapat ditentukan dari pengukuran C_j ini.

(10/100)

- (iv) Jelaskan bagaimana konsep pengukuran C_j dapat digunakan untuk memeriksa taburan bendasing bagi simpang di atas.

(20/100)

...2/-

- 2 -

- (c) Pertimbangkan suatu model diod unggul p-n silikon dengan $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Dengan mengambil luas keratan rentas simpang p-n sebagai 10^{-3} cm^2 dan sifat-sifat pengangkutan diod pada 300 K adalah seperti berikut:

$$\text{sisi - n} \begin{cases} \mu_p = 300 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}; \mu_n = 1300 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} \\ D_p = 7.8 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}; D_n = 33 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \end{cases}$$

$$\text{sisi - p} \begin{cases} \mu_p = 100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}; \mu_n = 280 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} \\ D_p = 2.6 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}; D_n = 7.3 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \end{cases}$$

tentukan arus diod ini apabila voltan pincang depan sebesar 2V dikenakan.

[ambil $\tau_n = \tau_p = 10^{-6} \text{ s}$]

(40/100)

2. (a) Dengan merujuk kepada suatu transistor dwikutub pnp,
- Perihalkan komponen-komponen arus yang terlibat bagi pincang transistor tapak-sepunya di bawah mod aktif.
(10/100)
 - Takrifkan gandaan arus tapak-sepunya dalam sebutan kecekapan pengeluaran dan faktor angkutan tapak.
(10/100)
 - Apakah keperluan bagi parameter-parameter dari (ii) untuk suatu reka bentuk transistor yang baik.
(10/100)
- (b) Ciri output suatu transistor pengeluaran-sepunya menunjukkan arus I_c bertambah dengan kenaikan voltan V_{EC} pada sebarang arus I_B .
- Jelaskan mengenai pemerhatian ini dan juga mekanisma yang terlibat.
(20/100)
 - Apakah implikasi sekiranya V_{EC} dinaikkan lagi sehingga lebar kawasan tapak menjadi kecil.
(10/100)

...3/-

- 3 -

(c) Dalam suatu rekabentuk transistor pnp, lebar tapak dibuat berukuran 2×10^{-6} m. Jika diketahui masa hayat lubang dalam kawasan tapak ialah $0.10 \mu\text{s}$,

(i) Tunjukkan bahawa komponen arus tapak yang diperlukan untuk membekalkan elektron bagi penggabungan dengan lubang adalah kecil berbanding dengan arus pengumpul.

$$[\text{ambil } D_p = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}]$$

(20/100)

(ii) Sekiranya kecekapan pengeluar ialah 0.98, tentukan gandaan arus tapak-sepunya transistor

(10/100)

(iii) Kira gandaan arus pengeluar-sepunya transistor

(10/100)

3. (a) Lakarkan litar setara isyarat kecil bagi suatu JFET pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Seterusnya, tunjukkan bahawa frekuensi operasi maksimum JFET diberikan oleh:

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi C_G} ;$$

$$C_G = C_{GS} + C_{GD}$$

Apakah keperluan bagi kelincahan pembawa dan panjang terusan JFET untuk meningkatkan f_T .

(30/100)

(b) Dengan merujuk kepada struktur peranti MOS unggul di bawah mod songsangan,

(i) Lakarkan gambarajah skematik mengenai jalur tenaga, taburan cas dan taburan keupayaan merentasi struktur peranti

(15/100)

(ii) Tunjukkan bahawa ketumpatan cas dalam semikonduktor pada mod songsangan adalah

$$Q_s = -(4q\epsilon_s N_A \Psi_B)^{1/2}$$

...4/-

di mana N_A kepekatan pendopan semikonduktor dan ψ_B ditakrifkan oleh

$$N_A = n_i e^{q\psi_B/kT}$$

(20/100)

(iii) Terbitkan formula bagi menentukan voltan ambang peranti.

(10/100)

(c) Pertimbangkan suatu struktur MOS pada suhu 300 K dengan kepekatan pendopan $N_A = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan ketebalan oksida 500 Å. Jika perbezaan fungsi kerja bagi sistem ialah $\phi = -1.13 \text{ eV}$, kira

(i) Voltan ambang peranti bila dianggap tidak ada cas dalam oksida.

(10/100)

(ii) Voltan ambang peranti jika terdapat cas oksida 10^{11} cm^{-2}

$$[\epsilon_s = 11.7, \epsilon_{ox} = 3.9, \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-14} \text{ F. cm}^{-2}]$$

(15/100)

4. (a) (i) Dengan berbantuan gambarajah jalur tenaga, tunjukkan bagaimana proses penghasilan cahaya berlaku dalam suatu LED.

(10/100)

(ii) Nyatakan secara ringkas kriteria penting pemilihan bahan semikonduktor untuk LED dan bincangkan bagaimana pembinaan suatu LED yang dapat menghasilkan output optikal yang tinggi.

(30/100)

(b) Perihalkan dengan jelas bagaimana kurungan optik dalam struktur laser simpang hetero dapat membantu pancaran laser terpandu berdasarkan faktor kurungan Γ :

$$\Gamma \simeq 1 - \exp(-C\Delta n d)$$

C : pemalar
 Δn : perbezaan indeks bias pada simpang
 d : tebal lapisan aktif

Bagaimanakah nilai pembolehubah dalam formula ini dapat diubahsuaikan bagi menghasilkan output laser yang optimum.

(30/100)

...5/-

- (c) Penghasilan isyarat mikrogelombang memerlukan ciri peranti dengan impedan negatif. Jelaskan bagaimana ciri tersebut dihasilkan dalam suatu struktur diod simpang p-n.

(30/100)

- oooOOooo -